

KARAKTERISTIK LINDI HASIL FERMENTASI ANAEROBIK SAMPAH KOTA DALAM LISIMETER DAN POTENSI PEMANFAATANNYA MENJADI PUPUK CAIR**LEACHATE CHARACTERISTICS OF ANAEROBIC FERMENTATION OF MUNICIPAL WASTE IN LYSIMETER AND ITS POTENTIAL USE AS LIQUID FERTILIZER****Damsir^{1)*}, Suprihatin²⁾, Muhammad Romli²⁾, Mohamad Yani²⁾, Arie Herlambang³⁾**¹⁾Sekolah Tinggi Perkebunan Lampung
Jl. ZA. Pagar Alam No.17A Raja Basa, Bandar Lampung
Email: sier_damsir@yahoo.co.id²⁾Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB³⁾Pusat Penelitian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, BPPT, Indonesia

Makalah: Diterima 11 Mei 2015; Diperbaiki 14 Juli 2015; Disetujui 1 Agustus 2015

ABSTRACT

This study aimed to characterize the content of the leachate from lysimeter and assess the potential for leachate as liquid fertilizer. Leachate samples were taken from 5 lysimeter containing municipal waste in various sizes; A=(powder), B=(0.1 cm – 0.9 cm), C=(1.0 cm–1.9 cm), D=(2.0 cm – 2.9 cm), and E=(Original). Observation was conducted to leachate quality during bioconversion in 150 days. Result shows that at all treatment of degradation rates in leachate gives decreasing value of BOD, COD, NH₄-N, TKN, and Phosphate (P) except Kalium (K⁺) which increased during the bioconversion process. The value of TKN, Phosphate, and Kalium (K⁺) is within safe limit to be discharged to the environment in the form of liquid fertilizer. Pollutant characteristics in leachate after anaerobic fermentation treatment in the form of heavy metals Hg, Cr, Cd, Pb, Zn, and Cu analyzed from all treatment shows values within safe limits to be discharged to environment in the form of liquid fertilizer. However, levels of BOD, COD and NH₄-N are not yet qualified for discharge and require further treatment.

Keywords: leachate, municipal waste, anaerobic fermentation, lysimeter

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi lindi selama proses biokonversi dalam lisimeter dan mengkaji potensi polutan dalam lindi untuk dimanfaatkan menjadi bahan bermanfaat sebagai pupuk cair. Sampel lindi dihasilkan dari 5 buah lisimeter yang berisi sampah kota dengan berbagai ukuran yaitu A=(Bubuk) B=(0,1 – 0,9 cm), C= (1,0 – 1,9 cm), D=(2,0 – 2,9 cm), dan E=(Asli). Pengamatan mutu lindi dilakukan selama proses biokonversi 150 hari. Hasil penelitian menunjukkan adanya penurunan nilai BOD, COD, Total Kjeldahl Nitrogen (TKN), NH₄-N, dan Fosfat (P). Kadar Kalium (K⁺) mengalami peningkatan nilai selama proses biokonversi. Kadar untuk parameter TKN, Fosfat, dan Kalium (K⁺) memenuhi standar yang aman untuk dikembalikan ke lingkungan sebagai pupuk cair bagi tanaman. Karakteristik polutan dalam lindi hasil fermentasi anaerobik sampah kota berupa logam berat Hg, Cr, Cd, Pb, Zn dan Cu pada lindi yang dianalisis dari semua perlakuan memenuhi standar baku yang aman untuk dikembalikan ke lingkungan dalam bentuk pupuk cair dalam kegiatan pertanian. Namun, kadar BOD, COD dan NH₄-N belum memenuhi syarat dan membutuhkan perlakuan lebih lanjut.

Kata kunci: lindi, sampah kota, fermentasi anaerobik, lisimeter

PENDAHULUAN

Tempat pembuangan akhir (TPA) sampah merupakan suatu tempat pembuangan sampah bagi penduduk kota. Setiap hari berbagai jenis sampah penduduk diangkut dari bak-bak sampah (Tempat Pembuangan Sementara) yang terdapat di kota, kemudian ditumpuk di TPA. Beberapa bahan organik di TPA sampah yang bersifat mudah terurai (*biodegradable*) umumnya tidak stabil dan cepat menjadi busuk karena mengalami proses degradasi menghasilkan zat-zat hara, zat-zat kimia toksik dan bahan-bahan organik sederhana, selanjutnya akan menimbulkan bau yang menyengat dan mengganggu. Lindi terbentuk di setiap lokasi

pembuangan sampah (Amuda, 2005). Pembentukan lindi merupakan hasil dari infiltrasi dan perkolasi (perembesan air dalam tanah) dari air hujan, air tanah, air limpasan atau air banjir yang menuju dan melalui lokasi pembuangan sampah (Karnchanawong dan Yongpisalpop, 2009).

Lindi memiliki karakteristik tertentu, hal ini disebabkan limbah yang dibuang pada lokasi pembuangan sampah berasal dari berbagai sumber yang berbeda dengan tipe limbah yang berbeda pula. Menurut Fairus *et al.* (2011) komposisi lindi tidak hanya dipengaruhi oleh karakteristik sampah organik/anorganik, tetapi juga mudah tidaknya degradasi (larut/tidak larut), kondisi tumpukan sampah (temperatur, pH, kelembaban, dan umur),

*Penulis untuk korespondensi

karakteristik sumber air (kuantitas dan mutu air yang dipengaruhi iklim dan hidrogeologi), komposisi tanah penutup, ketersediaan nutrisi dan mikroba, serta kehadiran inhibitor.

Iklim merupakan faktor penting yang mempengaruhi kuantitas dan mutu lindi. Hujan menjadi fase transport untuk pencucian dan migrasi kontaminan dari tumpukan sampah dan memberikan kelembaban yang dibutuhkan untuk aktivitas biologis. Demikian halnya dengan umur tumpukan sampah, juga mempengaruhi mutu lindi dan gas yang terbentuk. Perubahan mutu lindi dan gas menjadi parameter utama untuk mengetahui tingkat stabilisasi tumpukan sampah (Qdais dan Alsheraideh, 2008).

Hingga saat ini, lindi dari TPA sampah masih menjadi sumber masalah bagi kota-kota di Indonesia. Hal itu terjadi karena umumnya lindi belum dikelola dengan baik. Lindi belum diolah secara maksimal menjadi efluen yang aman dialirkan ke lingkungan hingga lindi selalu mencemari badan-badan air di sekitar TPA sampah. Apabila hal ini terus dibiarkan, dikhawatirkan akan menimbulkan penolakan masyarakat terhadap keberadaan TPA sampah di wilayahnya. Pada dasarnya, TPA sampah tidak akan dipermasalahkan oleh masyarakat di sekitar TPA sampah apabila keberadaan TPA sampah tidak menyebabkan pencemaran baik pencemaran yang disebabkan oleh sampah padat atau lindi (Gamayanti *et al.*, 2012).

Tujuan penelitian adalah untuk mengkarakterisasi lindi selama proses biokonversi dalam lisimeter dan mengkaji potensi polutan dalam lindi untuk dimanfaatkan menjadi bahan bermanfaat sebagai pupuk cair.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Peralatan

Bahan utama dalam penelitian ini adalah sampel lindi yang diambil dari hasil fermentasi

anaerobik sampah kota dalam lisimeter dengan berbagai ukuran yaitu A=(bubuk) B=(0,1 – 0,9 cm), C=(1,0 – 1,9 cm), D=(2,0 – 2,9 cm), dan E=(Asli). Peralatan yang digunakan adalah *Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)*, *UV-Vis Spektrofotometer*, *TOC-Analyzer*, *High Performance Liquid Chromatography (HPLC)*, *COD apparatus*, *BOD apparatus/BOD meter*, *DO*, *DHL*, *pH- meter*, *Mikroskop dengan image processing*, peralatan sampling air/air limbah, dan peralatan laboratorium standar lainnya.

Metode

Penelitian dilaksanakan di dua tempat yaitu Balai Teknologi Lingkungan Pusat Penelitian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, BPPT Serpong sebagai tempat fermentasi anaerobik sampah organik dalam lisimeter dan analisis mutu lindi dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Manajemen lingkungan Institut Pertanian Bogor. Sampel lindi masing-masing sebanyak 1 l diambil dengan cara membuka kran bawah lisimeter kemudian dimasukkan kedalam botol untuk dilakukan pengujian di laboratorium. Pengujian meliputi kandungan polutan dan mutu lindi selama waktu proses bio-konversi 150 hari. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif menggunakan Tabel dan Grafik. Parameter pengujian sampel dan metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Laju produksi lindi ditentukan dengan cara mengukur produksi lindi total pada akhir penelitian dibagi dengan berat bahan sampah organik pada awal penelitian. Potensi pemanfaatan polutan sebagai pupuk cair dibandingkan dengan standar Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.51 Tahun 1995 pada BOD, COD dan amonia sedangkan potensi unsur hara untuk tanaman dan logam berat mengacu pada Peraturan Menteri Pertanian No. 70 Tahun 2011.

Tabel 1. Parameter mutu lindi hasil fermentasi anaerobik yang dianalisis

No	Parameter	Satuan	Metode Analisis
1	Tembaga (Cu)	mg/L	APHA ed. 21th 3500-Cu A, 2005
2	Seng (Zn)	mg/L	APHA ed. 21th 3500-Zn A, 2005
3	Krom Heksavalen (Cr)	mg/L	APHA ed. 21th 3500-Cr A, 2005
4	Kadmium (Cd)	mg/L	APHA ed. 21th 3500-Cd, 2005
5	Mercuri (Hg)	mg/L	APHA ed. 21th 3500-Hg, 2005
6	Timbal (Pb)	mg/L	APHA ed. 21th 3500-Pb A, 2005
7	TKN	mg/L	APHA ed. 21th 4500-Norg C, 2005
8	BOD	mg/L	APHA ed. 21th 5210 B, 2005
9	COD	mg/L	APHA ed. 21th 5220 C, 2005
10	Fospat	mg/L	APHA ed. 21th 4500-P D, 2005
11	Kalium	mg/L	APHA ed. 21th 4500-P D, 2005
12	Ammonium (NH ₄ -N)	mg/L	APHA ed. 21th 4500-NH ₄ C, 2005

HASIL DAN PEMBAHASAN

Laju Produksi Lindi

Laju produksi lindi berbagai ukuran sampah kota disajikan pada Tabel 2. Pada Tabel 2 terlihat bahwa laju produksi lindi berbeda pada masing-masing perlakuan. Laju produksi lindi mengindikasikan bahwa ukuran bahan sampah kota lisimeter E (asli) lebih tinggi dibandingkan dengan A (0,1 – 0,9 cm), B (1,0 – 1,9 cm), C (1,0 – 1,9 cm), dan D (2,0 – 2,9 cm).

Semakin besar ukuran bahan maka semakin tinggi produksi lindi yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena bahan sampah yang masih berukuran asli memiliki kandungan kadar air yang lebih tinggi dibandingkan bahan yang sudah dikecilkan ukurannya. Bahan yang dikecilkan ukurannya terjadi kehilangan air sebelum dimasukkan ke dalam lisimeter. Bahan sampah asli kehilangan air relatif lebih kecil sehingga proses dekomposisi berlangsung lebih sempurna. Selain itu kadar air bahan awal menentukan produksi lindi yang dihasilkan, kadar air bahan pada lisimeter E menunjukkan kadar air bahan tertinggi pada awal penelitian. Lisimeter A kadar air bahan terendah.

Suprihatin *et al.* (2008) kadar air dan ukuran bahan merupakan unsur penting dalam proses degradasi anaerob. Air lindi dapat digolongkan sebagai senyawa yang sulit terdegradasi karena mengandung bahan-bahan polimer (makro molekul) dan bahan organik sintetik. Lombard (2008) menyatakan bahan organik yang terdapat dalam lindi sangat sulit untuk terdegradasi secara biologis. Akan tetapi proses degradasi sampah menghasilkan lindi yang mempunyai potensi untuk dimanfaatkan sebagai pupuk cair. Nurhasanah (2012), menyatakan bahwa polutan dalam lindi berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai pupuk cair karena mengandung unsur hara yang berguna bagi tanaman, yaitu berupa hara makro seperti: nitrat (NO_3^-), amonium (diindikasikan oleh NH_3), fosfat (PO_4^{3-}), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg) dan Sulfat (SO_4^{2-}); dan hara mikro seperti : besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu) dan seng (Zn).

Tabel 2. Laju produksi lindi per kg sampah

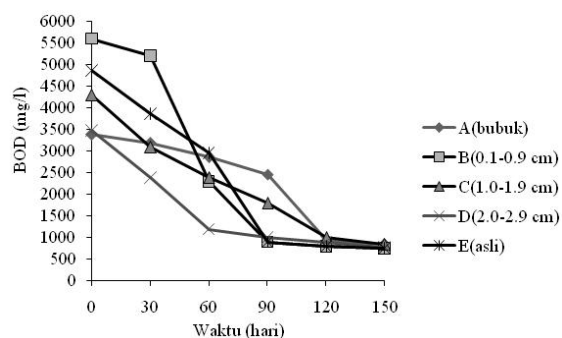
Perlakuan	Kadar air bahan (%)	Produksi lindi total (l)	Berat Sampah (kg)	Laju Produksi lindi (l/kg sampah)
A (bubuk)	72,4	11,780	37,6	0,3132
B (0,1-0,9 cm)	79,6	12,300	38,5	0,3194
C (1,0-1,9 cm)	80,2	16,100	35,5	0,4535
D (2,0-2,9 cm)	82,9	18,510	37,4	0,4949
E (asli)	86,6	26,560	41,3	0,6431

Mulasari *et al.* (2012) melaporkan sampah yang menumpuk akan terdekomposisi dan akan menghasilkan cairan yang disebut lindi. Komposisi lindi sampah dipengaruhi oleh jenis dan sampah yang tertimbun, parameter kimia yang terdapat dalam sampah, mikroba yang berperan, keseimbangan air di tempat pembuangan sampah. Kandungan N, P, K dalam lindi ini dipergunakan sebagai indikator ketersediaan nutrisi bagi bakteri dalam lindi.

Karakteristik Lindi

Degradasi BOD Lindi

Degradasi BOD lindi ditampilkan pada Gambar 1. Degradasi BOD yang terjadi pada proses anaerobik berbagai ukuran sampah kota menunjukkan pola yang hampir sama yaitu terjadi penurunan nilai BOD selama proses biodegradasi. Pencapaian biodegradasi tahap pertama terjadi penurunan nilai BOD yang cukup tajam sampai hari ke 90 pada perlakuan B, D dan E. Sedangkan perlakuan A dan C pada hari ke 120. Hal ini sebagai akibat dari proses biodegradasi bahan organik oleh mikroorganisme menjadi zat lain yang lebih sederhana. Penurunan terlihat pada semua perlakuan yang menggunakan berbagai ukuran sampah kota, yang menurun hingga akhir proses. Penurunan ini antara lain disebabkan oleh adanya bakteri asam laktat (*Lactobacillus sp*) yang terdapat dalam sampah organik. Doorn *et al.* (2006) menyatakan senyawa asam laktat dapat mempercepat perombakan bahan organik dalam proses fermentasi anaerobik sampah organik. Takwayana (2012) bahwa mikroorganisme merombak bahan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti CO_2 dan NH_3 . Degradasi senyawa organik menurunkan nilai BOD (Avlenda, 2009). Chen *et al.* (2008) menyatakan ada dua tahapan yang terjadi pada proses dekomposisi bahan organik yaitu tahap pertama degradasi bahan organik menjadi bahan anorganik, kemudian tahap ke dua bahan anorganik yang tidak stabil dioksidasi menjadi bahan anorganik yang stabil seperti ammonia menjadi nitrit dan nitrat (Nitrifikasi).



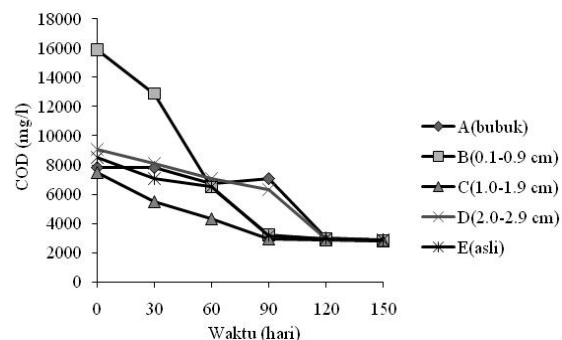
Gambar 1. Degradasi BOD lindi pada fermentasi anaerobik sampah kota selama proses biokonversi

Disamping itu, menurut Rafizul (2012) proses anaerobik sampah kota dalam lisimeter akan terjadi pencucian BOD dari bahan seiring berjalannya waktu. Semakin lama waktu proses anaerobik dan semakin mudah proses degradasi bahan mengakibatkan tingkat penurunan BOD semakin mendekati nilai ambang batas yang aman untuk dikembalikan pada lingkungan. Oleh karenanya, selama proses anaerobik berlangsung, nilai BOD menjadi berfluktuasi setiap saat sebagai akibat bahan tersebut dimanfaatkan oleh mikroorganisme untuk tumbuh dan berkembang biak. Bahan organik dimanfaatkan oleh mikroorganisme untuk diubah menjadi sel-sel tubuh maupun senyawa lain yang relatif tidak berbahaya dan sebagian lagi menjadi bahan yang mudah menguap, diantaranya CO_2 . Pemanfaatan bahan organik dalam limbah cair yang diproses menjadi sel-sel mikroorganisme mengakibatkan jumlah mikroorganisme dalam limbah cair tersebut juga mengalami fluktuasi (Traversi *et al.*, 2015).

Pada akhir proses nilai BOD semua perlakuan belum memenuhi standar untuk dikembalikan pada lingkungan, karena kandungan BOD dari semua perlakuan masih lebih tinggi dibandingkan dengan standar berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.51 Tahun 1995. Nilai BOD_5 untuk baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri golongan I adalah 50 mg/L dan golongan II adalah 150 mg/L. Namun untuk keperluan pupuk cair tidak ada persyaratan dari sisi parameter BOD.

Degradasi COD Lindi

Laju degradasi COD lindi pada fermentasi anaerobik sampah kota selama proses biokonversi ditunjukkan pada Gambar 2. Penurunan nilai COD pada semua ukuran bahan sampah kota menunjukkan pola yang serupa. Ukuran bahan sampah yang berukuran lebih kecil menunjukkan proses degradasi dengan pola yang sama bila dibanding ukuran sampah yang lebih besar dalam menurunkan nilai COD.



Gambar 2. Degradasi COD lindi pada fermentasi anaerobik sampah kota selama proses biokonversi.

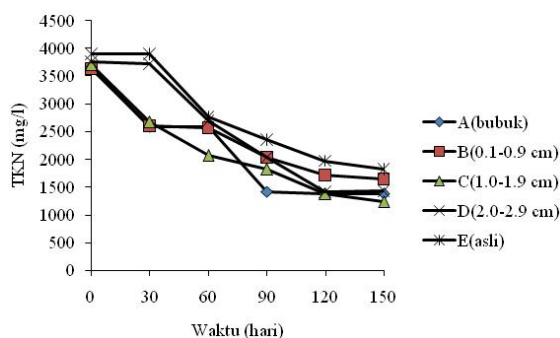
Sebagaimana parameter BOD, proses pemecahan atau degradasi senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana menurunkan nilai COD (Avlenda, 2009). Semakin lama lindi mengalami proses degradasi maka semakin besar pula penurunan COD. Akan tetapi konsentrasi COD untuk semua perlakuan setelah hari ke 120 cenderung mendatar. Hal ini memperlihatkan bahwa degradasi bahan organik berlangsung lambat akibat dari aktivitas mikroorganisme yang terkandung dalam lindi mengalami kejenuhan akan nutrisi yang ditandai oleh stabilnya nilai COD sampai akhir proses biokonversi (Chen *et al.*, 2008). Pada akhir proses biokonversi nilai COD untuk semua perlakuan belum memenuhi standar baku untuk dikembalikan ke lingkungan, yang ditunjukkan oleh nilai COD lindi yang memiliki nilai lebih tinggi bila dibandingkan dengan standar limbah cair Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.51 Tahun 1995 yaitu sebesar 200 mg/L. Standar untuk pupuk cair tidak mempersyaratkan batasan COD.

Degradasi Total Kjeldahl Nitrogen (TKN) Lindi

Degradasi TKN lindi berbagai ukuran sampah kota dalam lisimeter ditampilkan pada Gambar 3. Degradasi TKN selama proses biokonversi anaerobik menghasilkan senyawa nitrat setelah berakhirnya proses. Dari gambar terlihat bahwa nilai TKN menunjukkan semakin bertambahnya waktu maka nilai TKN menjadi semakin kecil. Fenomena ini memperlihatkan bahwa proses pencucian TKN terjadi penurunan nilai. Rafizul (2012) melaporkan bahwa nilai TKN tercuci selama proses anaerobik, semakin lama waktu proses maka nilai TKN menjadi rendah yang dibuktikan awal proses nilai TKN 1120 mg/L setelah 180 hari turun menjadi 178 mg/L.

Dari hasil percobaan dapat disimpulkan terjadi penurunan kandungan TKN. Hal ini disebabkan karena terjadi penurunan kadar senyawa Nitrogen organik seperti ammonia dan Nitrit. Kandungan TKN atau ammonia dalam sampah berasal dari protein yang dirombak enzim proteolitik menjadi asam amino yang kemudian melalui proses hidrolisis menghasilkan ammonia (Dewi, 2013).

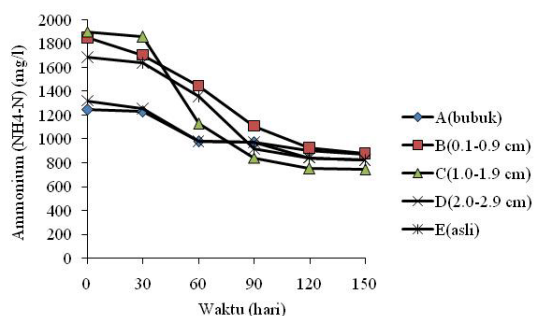
Kulikowska dan Bernat (2013) melaporkan bahwa terdapat 80% konsentrasi amoniak yang terkandung di dalam TKN lindi. Naveen *et al.* (2014) melaporkan lindi hasil proses biodegradasi sampah kota mengandung konsentrasi organik dan anorganik yang tinggi. Swati *et al.* (2011) bahwa laju pencucian TKN harus dibatasi sehubungan dengan bertambahnya waktu untuk mencegah kehilangan unsur nitrogen pada lindi. Dari Gambar 3 pengamatan nilai TKN pada akhir proses fermentasi anaerobik menunjukkan nilai yang tinggi. Hasil ini bila dibandingkan dengan persyaratan pupuk cair sesuai Permentan No.70 tahun 2011 masih memenuhi persyaratan untuk dikembalikan pada lingkungan sebagai pupuk cair.



Gambar 3. Degradasi TKN lindi berbagai ukuran sampah kota dalam lisimeter selama proses biokonversi

Degradasi Ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$) Lindi

Degradasi Ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$) lindi selama proses biokonversi ditampilkan pada Gambar 4. Semakin lama waktu fermentasi anaerobik sampah kota maka semakin kecil kandungan ammonium yang didapat. Hal ini karena peroses degradasi ammonium menjadi senyawa nitrogen yang lebih sederhana. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Nindrasari *et al.* (2010) bahwa proses pada zona anaerobik terjadi penurunan kandungan ammonium dan nitrit sehingga proses ini ditandai dengan oksidasi ammonium oleh nitrit.



Gambar 4. Degradasi Ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$) lindi berbagai ukuran sampah kota dalam lisimeter selama proses biokonversi

Penurunan kadar ammonium diikuti bersama dengan peningkatan kadar nitrat dan nitrit.

Peristiwa ini diduga dipengaruhi oleh proses nitrifikasi pada zona anaerob, karena pada fase pertama dihasilkan nitrit dalam konsentrasi yang tinggi dan sebagian diantaranya ditransfer ke zona anaerob. Terjadinya nitrifikasi parsial, di mana amonia diubah menjadi nitrit disebabkan karena efek penghambatan amonia bebas (Tugtas *et al.*, 2013).

Setiap amonia yang dibebaskan kesuatu lingkungan akan membentuk reaksi keseimbangan dengan ion ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$). Sebagian besar amonia dioksidasi oleh bakteri pada anaerobik ammonium dan berlangsung proses nitrifikasi menghasilkan nitrat (Li *et al.*, 2014). Ammonium ini yang kemudian mengalami proses nitrifikasi membentuk nitrit dan nitrat. Amonia dalam keadaan tidak terdisosiasi akan lebih berbahaya daripada dalam bentuk ammonium. Nilai amonia memiliki hubungan dengan nilai pH perairan, yaitu makin tinggi pH air maka makin besar kandungan amonia dalam bentuk tidak terdisosiasi (Visvanathan *et al.*, 2007).

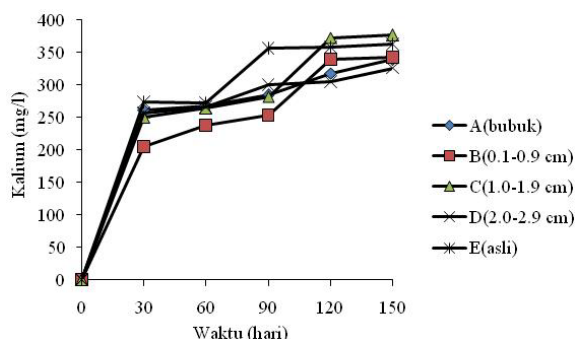
Kadar amonia yang tinggi dapat merupakan indikasi adanya pencemaran bahan organik yang berasal dari limbah domestik, industri, dan limpasan pupuk pertanian (Sun, 2015). Semakin besar nilai BOD menunjukkan pengotoran air limbah semakin besar. Tingginya ammonium menandakan kandungan amonia masih tinggi dan menghasilkan bau yang mencemari lingkungan sekitarnya. Calli *et al.* (2006) melaporkan bahwa kandungan amonia (NH_4) pada lindi sangat tinggi, fluktuasi COD berpengaruh pada besaran konsentrasi amonia yang dihasilkan.

Pada akhir proses biodegradasi kandungan ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$) masih lebih tinggi pada kisaran 754 mg/L sampai 876 mg/L dibandingkan standar baku yang dikeluarkan dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.51 tahun 1995 yaitu sebesar 20 mg/L. Akan tetapi kandungan ammonium tersebut berpotensi untuk dijadikan bahan yang bermanfaat sebagai pupuk cair.

Kalium (K) Lindi

Pada dasarnya lindi mengandung kalium (K) yang berasal dari proses degradasi anaerobik sampah kota. Proses degradasi kalium pada berbagai ukuran sampah kota menunjukkan pola yang hampir sama yaitu adanya peningkatan nilai kalium yang tinggi pada bulan pertama dan selanjutnya terjadi peningkatan secara bertahap sampai akhir proses biokonversi. Peningkatan ini disebabkan oleh bakteri anaerobik selama proses degradasi unsur hara membentuk asam organik yang dapat meningkatkan K^+ . Xu *et al.* (2010) melaporkan bahwa bakteri *heterotrophic* mengoksidasi bahan organik secara maksimum sampai akhir proses sehingga akan menghasilkan kalium yang semakin tinggi. Hasil pengukuran perubahan kalium dapat dilihat pada Gambar 5.

Kadar kalium dalam lindi dari semua perlakuan cukup berpotensi untuk dimanfaatkan kembali sebagai nutrisi bagi kegiatan pertanian. Fenomena ini dibuktikan dengan kandungan kalium semua perlakuan dibandingkan dengan standar pupuk organik cair memenuhi persyaratan Permentan No.70/2011 yaitu sebesar minimal 0,04 mg/L.



Gambar 5. Laju degradasi kalium lindi berbagai ukuran sampah kota dalam lisimeter selama proses biokonversi

Fosfat (P) Lindi

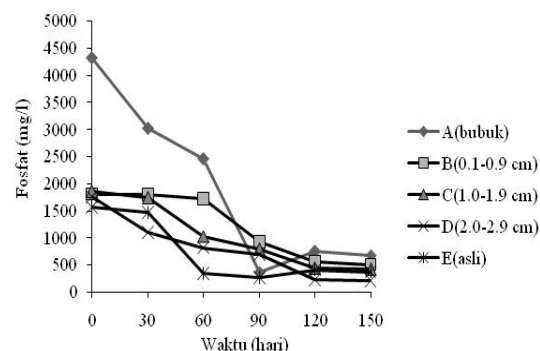
Penurunan kandungan fosfat lindi menunjukkan pola yang hampir sama pada semua ukuran sampah kota yaitu terjadi penurunan yang sangat tinggi sampai hari ke 90 setelah itu penurunan berlangsung secara bertahap sampai akhir proses biokonversi. Hal ini dikarenakan penurunan kandungan fosfat juga dipengaruhi oleh degradasi kandungan nitrogen (ammonium). Semakin menurun nitrogen yang dikandung maka multiplikasi mikroorganisme yang merombak fosfat akan menurun, sehingga kandungan fosfat akan menurun (Yuli *et al.*, 2011).

Bagi tanaman fosfat merupakan salah satu bahan kimia yang sangat penting. Fosfor dialam terbagi dalam dua bentuk yaitu senyawa fosfat organik dan senyawa fosfat anorganik (Nurhasanah, 2012). Berdasarkan Gambar 6 kandungan fosfat lindi masih memenuhi baku mutu yang ditetapkan Permentan No.70 Tahun 2011 tentang baku mutu pupuk organik mg/L dari limbah yaitu sebesar minimal 0,04 mg/L. Sehingga dapat disimpulkan

bahwa lindi yang ada dapat dikembalikan ke lingkungan dalam bentuk pupuk cair.

Kadar Logam Dalam Lindi

Untuk mengetahui karakteristik polutan dalam lindi dilakukan pengamatan terhadap kadar logam berat pada lindi. Analisis kadar logam berat merkuri (Hg), Kadmium (Cd), Kromium Heksavalen (Cr), Seng (Zn), Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) dalam lindi hasil fermentasi anaerobik sampah kota dalam lisimeter disajikan pada Tabel 3.



Gambar 6. Degradasi fosfat lindi berbagai ukuran sampah kota dalam lisimeter selama proses biokonversi

Logam berat Hg, Cd, Cr, Zn, Cu dan Pb dalam lindi yang dianalisis pada semua perlakuan lebih rendah dibandingkan dengan Peraturan Menteri Pertanian nomor 70 Tahun 2011 yaitu tentang persyaratan dan pengawasan kandungan pupuk cair organik berasal dari limbah. Hal ini mengindikasikan bahwa untuk semua lindi hasil perlakuan memenuhi standar baku yang aman untuk dikembalikan ke lingkungan sebagai pupuk cair. Pada Permentan No.70 Tahun 2011 maksimum kadar enam macam logam berat yang diperkenankan ada dalam pupuk cair organik adalah 1 mg/L Hg, 2 mg/L Cd, 210 mg/L Cr, 5000 mg/L Zn, 5000 mg/L Cu dan 50 mg/L Pb. Dari seluruh sampel lindi yang dianalisis kadar Hg dan Cd terdeteksi paling tinggi pada perlakuan D. Kadar Pb terdeteksi paling tinggi pada perlakuan E dan B. Kandungan Cr dan Zn paling tinggi pada perlakuan A serta Cu tertinggi pada perlakuan C.

Tabel 3. Kandungan logam berat lindi hasil fermentasi anaerobik sampah kota

Perlakuan	Satuan	Logam Berat					
		Cr	Cd	Pb	Hg	Zn	Cu
A (bubuk)	mg/L	0,351	0,007	0,007	0,005	0,621	0,095
B (0,1-0,9 cm)	mg/L	0,125	0,003	0,011	0,003	0,411	0,125
C (1,0-1,9 cm)	mg/L	0,019	0,005	0,009	0,006	0,401	0,195
D (2,0-2,9 cm)	mg/L	0,911	0,019	0,004	0,014	0,611	0,135
E (asli)	mg/L	0,025	0,006	0,011	0,009	0,571	0,092
Standar*	mg/L	<210	< 2	<50	<1	<5000	< 5000

Keterangan: Cr: Kromium Heksavalen, Cd: Kadmium, Pb: Timbal, Hg: Merkuri, Zn: Seng, Cu: Tembaga, *):Permentan No.70/2011

Kadar Merkuri (Hg) Lindi

Hasil analisis di laboratorium merkuri terdeteksi pada semua perlakuan lindi hasil fermentasi anaerobik sampah kota dalam lisimeter (Tabel 3). Lindi dengan kandungan merkuri ditemukan paling tinggi pada perlakuan D dengan kadar 1 mg/L. Kadar ini belum melampaui standar Permentan No. 70 Tahun 2011 tentang persyaratan pupuk cair untuk merkuri. Hasil penelitian sebelumnya tentang kandungan merkuri (Hg) pada lindi dari outlet IPAL TPA Galuga yang dilakukan oleh Nurhasanah (2012) yang menyatakan bahwa dalam lindi outlet TPA Galuga mengandung merkuri 0,201 mg/L.

Dewi (2013) melaporkan bahwa kandungan merkuri sebesar 0,248 mg/l terkandung dalam lindi pada lindi di TPA Jatibarang Semarang. Apabila dibandingkan hasil penelitian ini dengan kedua hasil penelitian terdahulu di atas, kandungan Hg dalam lindi yang didapatkan penelitian ini jauh lebih rendah. Penyebab dari perbedaan ini kemungkinan bisa diakibatkan karena lingkungan yang lebih tercemar di kedua TPA tersebut.

Kadar Kadmium (Cd) Lindi

Kadar kadmium (Cd) dalam lindi hasil fermentasi anaerobik sampah kota yang terdeteksi paling tinggi adalah pada perlakuan D (0,019 mg/L). Menurut Permentan No. 70 Tahun 2011 kadar Cd maksimum yang diperbolehkan dalam pupuk cair adalah 2 mg/L (Tabel 3). Fenomena ini mengindikasikan bahwa kandungan Cd dalam lindi bila dibandingkan dengan standar Permentan tersebut semua perlakuan sudah memenuhi persyaratan pupuk cair. Kondisi lindi hasil fermentasi anaerobik sampah kota relatif cukup aman untuk dimanfaatkan sebagai pupuk cair walaupun mengandung logam berat Cd tetapi masih berada pada kisaran yang dipersyaratkan. Keberadaan logam berat Cd lindi dalam penelitian ini diperkirakan disebabkan oleh sampah kota yang tercampur dengan sampah obat-obatan dari rumah sakit disekitar TPS dan industri aki.

Kadar Timbal (Pb) Lindi

Kandungan Pb pada lindi hasil fermentasi anaerobik sampah kota yang terdeteksi berada pada kisaran sebesar 0,004 -0,011 mg/L. Timbal (Pb) terdeteksi pada semua perlakuan (Tabel 3). Akan tetapi, kadar Pb ini masih berada dibawah standar Permentan No.70 Tahun 2011 yaitu 50 mg/L sehingga bisa disimpulkan bahwa kandungan Pb pada lindi hasil fermentasi anaerobik sampah kota pada kisaran yang aman untuk dikembalikan ke lingkungan dalam bentuk pupuk cair. Kandungan Pb dalam lindi dapat disebabkan oleh beberapa hal diantaranya adanya rembesan sampah yang mengandung Pb baik sampah industri, sampah pasar ataupun sampah rumah tangga ke dalam TPS (tempat pembuangan sampah sementara).

Kadar Seng (Zn) Lindi

Kandungan Zn terdeteksi berada pada kisaran sebesar 0,401-0,625 mg/L dalam lindi hasil fermentasi anaerobik sampah kota. Kandungan Seng (Zn) terdeteksi pada semua perlakuan akan tetapi kadar Zn ini masih berada dibawah standar Permentan No. 70/Permentan/SR.140/10/2011 sebesar 5000 mg/L (Tabel 3). Hal ini dapat disimpulkan bahwa kandungan Zn pada lindi hasil fermentasi anaerobik sampah kota pada kisaran yang aman untuk dikembalikan ke lingkungan dalam bentuk pupuk cair. Diduga bahwa sumber pencemaran seng (Zn) di lingkungan berasal dari buangan limbah rumah tangga yang mengandung logam Zn seperti korosi pipa-pipa air dan produk-produk konsumen (misalnya, formula detergen) yang tidak diperhatikan sarana pembuangannya.

Kadar Tembaga (Cu) Lindi

Dari Tabel 3 hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan Cu pada lindi hasil fermentasi anaerobik sampah kota berada pada kisaran yang aman untuk dikembalikan ke lingkungan. Kandungan Cu pada lindi terdeteksi pada kisaran sebesar 0,092-0,195 mg/L. Kandungan Tembaga (Cu) terdeteksi pada semua perlakuan akan tetapi kadar Cu ini masih berada dibawah standar Permentan No.70/Permentan/SR.140/10/2011 sebesar 5000 mg/L dan bisa dikembalikan ke lingkungan pada kondisi yang aman dalam bentuk pupuk cair. Masuknya kandungan Cu dalam sampah kota diduga karena aktivitas manusia seperti buangan industri dan pertambangan Cu. Secara alami kandungan tembaga yang terdapat dalam bebatuan terkikis oleh air hujan. Air hujan ini memecah kandungan tembaga dalam bebatuan dan melarutkan ion tembaga tersebut dalam air. Air yang mengandung tembaga terus mengalir ke TPS.

Kadar Kromium Heksavalen (Cr)

Kromium Heksavalen (Cr) dalam lindi hasil fermentasi anaerobik sampah kota yang terdeteksi paling tinggi adalah pada perlakuan D (0,911 mg/L). Pencemaran Cr ini diduga disebabkan banyak faktor antara lain konsentrasi limbah rumah tangga, industri cat, industri tekstil, industri penyamakan kulit dan industri pelapisan logam sebagian besar berada di daerah Tangerang Selatan atau sekitar TPS yang sangat berdekatan dengan pusat kota sehingga secara ekonomi lebih banyak industri maupun pemukiman yang sangat padat. Oleh karena ini perlu dilakukan pengawasan terutama untuk limbah hasil buangan industri tersebut sehingga pencemaran logam kromium dapat dihindarkan. Menurut Permentan No. 70 Tahun 2011 kadar Cr maksimum yang diperbolehkan dalam pupuk cair adalah 210 mg/L (Tabel 3). Bila dibandingkan dengan standar Permentan tersebut semua perlakuan memenuhi persyaratan untuk dikembalikan ke lingkungan sebagai pupuk cair.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Proses degradasi semua ukuran sampah kota pada lindi memperlihatkan penurunan yang ditampilkan oleh nilai BOD, COD, $\text{NH}_4\text{-N}$, TKN, dan Fosfat (P) kecuali Kalium (K^+) yang terjadi peningkatan nilai selama proses biokonversi. Parameter BOD, COD, dan $\text{NH}_4\text{-N}$ belum memenuhi standar untuk dikembalikan ke lingkungan, parameter TKN, Fosfat, dan Kalium (K^+) memenuhi standar yang aman untuk dikembalikan ke lingkungan sebagai pupuk cair. Karakteristik polutan dalam lindi hasil fermentasi anaerobik sampah kota berupa logam berat Hg, Cr, Cd, Pb, Zn dan Cu pada lindi yang dianalisis dari semua perlakuan memenuhi standar baku yang aman untuk dikembalikan ke lingkungan dalam bentuk pupuk cair bagi kegiatan pertanian.

Saran

Diperlukan penelitian lanjutan agar kandungan polutan dalam lindi hasil fermentasi anaerobik menjadi efluen yang aman untuk dikembalikan ke lingkungan dengan cara melakukan penurunan nilai BOD, COD dan $\text{NH}_4\text{-N}$. Pengujian lindi terhadap tanaman sebagai pupuk cair juga diperlukan agar diperoleh polutan yang bermanfaat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ditjen DIKTI – Kemendiknas melalui STIBUN Lampung yang telah memberikan bantuan pendanaan melalui skim Hibah Doktor Tahun 2015. Kepada Balai Teknologi Lingkungan PUSPITEK diucapkan terima kasih atas sarana dan perasarana yang dipinjamkan selama penelitian berlangsung. Terima kasih juga disampaikan kepada Laboratorium Teknologi Manajemen Lingkungan (TML), Teknologi Industri Pertanian, Institut Pertanian Bogor atas bantuan analisis pengujian sampel dan diskusi.

DAFTAR PUSTAKA

- [APHA] American Public Health Association. 2005. *Standart Method for The Examination of Water and Waste water 21th Edition*. Baltimor : Victor Grafihcs Inc.
- [KEPMENLH] Keputusan Menteri Lingkungan Hidup. 1995. Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri. Kep.51/MENKLH/10/1995.
- [PERMENTAN] Peraturan Menteri Pertanian. 2011. Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik. Permentan No. 70/Permentan/SR. 40/10/2011.
- Amuda OS. 2005. Penghapusan COD dan warna dari lindi TPA sanitary dengan menggunakan koagulasi – proses fenton. *J Ilm Peng Ter dan Mnmt Lingk*. 10(2): 49-53.
- Avlenda E. 2009. Penggunaan tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica*) Forsk.) dan genjer (*Limnocharis Flava* (L.) Buch.) dalam pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit. [Tesis]. Bandung. Institut Teknologi Bandung.
- Calli B, Mertoglu, Roest K, Inanc. 2006. Comparison of long-term performances and final microbial compositions of anaerobic reactors treating landfill leachate. *J Biores Technol*. 97: 641–647.
- Chen Y, Cheng JJ, dan Creamer KS. 2008. Inhibition of anaerobic digestion process: a review. *J Biores Technol*. 99(10): 4044-4060.
- Dewi YS dan Masithoh M. 2013. Efektivitas teknik biofiltrasi dengan media *Bio-Ball* terhadap penurunan kadar nitrogen total. *J Lim's*. 9(1): 45-53.
- Doorn MRJ, Towprayoon S, Vieira SM, Irving W, Palmer C, Pipatti RI, Wang C. 2006. Waste water treatmen and discharge. Di dalam Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K (eds). *Waste: 2006 IPCC Guidelines for National Green house Gas Inventories*. Japan: IGES. P 6.1 - 6.28.
- Fairus S, Salafudin, Rahman L, Apriani E. 2011. Pemanfaatan sampah organik secara padu menjadi alternatif energi : biogas dan precursor briket. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia. Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*. Yogyakarta: 22 Februari 2011.
- Gamayanti KV, Pertiwinigrum A, dan Yusiati LM. 2012. Limbah cairan rumen dan lumpur gambut sebagai starter dalam proses fermentasi metanogenik. *Bul Peternakan*. 36(1): 32-39.
- Karnchanawong S dan Yongpialpop P. 2009. Leachate generation from landfill lisimeter using different types of soil cover. *Iran J Civ and Environ Eng*. 1(3): 126-130.
- Kulikowska D dan Bernat K. 2013. Nitritation–denitritation in landfill leachate with glycerine as a carbon source. *J Biores Technol*. 142: 297–303.
- Li H, Zhou S, Mae W, Huang P, Huang G, Qin Y, Xu B, Ouyang H. 2014. Long-term performance and microbial ecology of a two-stage PN–ANAMMOX process treating mature landfill leachate. *J Biores Technol*. 159: 404–411.
- Lombard R. 2008. Landfill Gas Management. *J online* www.dme.gov.za/pdfs/energy/

- [cabeere/landfill_gas_appendix1.pdf](#). [2 Agustus 2014].
- Mulasari SA, Husodo AH, dan Muhadjir N. 2014. Kebijakan pemerintah dalam pengelolaan sampah domestik. *J Kes Masy Nas*. 8(8): 404-410.
- Mulasari SA. 2012. Efektivitas penggunaan leachet hasil penguraian sampah dalam proses biodegradasi limbah batik. *J Kes Masy Nas*. 6(1): 61-74.
- Naveen BP, Sivapullaiah PV, Sitharam TG, Ramachandra TV. 2014. Characterization of Leachate from Municipal Landfill and Its Effect on Surrounding Water Bodies. *Conference on Conservation and Sustainable Management of Wet land Ecosystems in Western Ghats: LAKE: 2014*. India. 13th -15th November 2014.
- Nindrasari GV, Meitiniarti I, Jubhar C, Mangimbulude. 2010. Pengurangan ammonium dengan metode nitrifikasi dan anammox pada air lindi dari tempat pembuangan sampah Jati Barang Semarang. *Seminar Nasional VIII Pendidikan Biologi*. Biologi, Sains, Lingkungan dan Pembelajarannya Menuju Pembangunan Karakter. Semarang: 21-23 September 2010.
- Nurhasanah. 2012. Pengolahan lindi dan potensi pemanfaatannya sebagai pupuk cair untuk mendukung pengembangan TPA Sampah Lestari. [Disertasi]. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Qdais HA dan Alsheraideh AA. 2008. Kinetics of solid waste biodegradation in laboratory lisimeters. *Jord J Civ Engin*. 1(2): 1-10.
- Rafizul IM dan Alamgir M. 2012. Influence of landfill operation and tropical seasonal variation on leachate characteristics: Results from Lisimeter Experiment. *Iran J Ener Environ*. 3(10): 50-59.
- Sun H, Peng Y, dan Shi X. 2015. Advanced treatment of landfill leachate using anaerobic-aerobic process: Organic removal by simultaneous denitrification and methanogenesis and nitrogen removal via nitrite. *J Biores Technol*. 177: 337-345.
- Suprihatin, Indrasti NS, dan Romli M. 2008. Potensi penurunan emisi gas rumah kaca melalui pengomposan sampah di wilayah Jabotabek. *J Tek Ind Pert*. 18(1): 53-59.
- Swati MOP, Karthikeyan, Joseph K, Nagendran R. 2010. Landfill bioreaktor: A biotechnological solution for waste management. *Cent for Environ Stu*. 60: 117-126.
- Takwayana HP. 2012. PT. Tiga Manunggal Synthetik Industries. <http://herpoezzpietha.blogspot.com>. [05 Februari 2015].
- Traversi D, Romanazzi V, Degan R, Lorenzi E, Carraro E, Gilli G. 2015. Microbial-chemical indicator for anaerobic digester performance assessment in full-Scale waste water treatment plants for biogas production. *J Biores Technol*. 186: 179 – 191.
- Tugtas AE, Cavdar P, dan Calli B. 2013. Bio-electrochemical post-treatment of anaerobically treated landfill leachate. *J Biores Technol*. 128: 266-272.
- Visvanathan, Joseph K, Chiemchaisri C, Zhou G, Basnayake BFA. 2007. Integrated networking for sustainable solid waste management in Asia. *Proceedings of the International Conference on Sustainable Solid Waste Management*. Chennai, India: 5 - 7 September 2007.
- Xu ZY, Zeng GM, Yang ZH, Xiao Y, Cao M, Sun HS, Ji LL, Chen Y. 2010. Biological treatment of landfill leachate with the integration of partial nitrification, anaerobic ammonium oxidation and heterotrophic denitrification. *J Biores Technol*. 101: 79-86.
- Yuli A, Hidayati TB, Benito A, Kurnani, Eulis T, Marlina, Ellin E. 2011. Kualitas pupuk cair hasil pengolahan feses sapi potong menggunakan *Saccharomyces cereviceae*. *J Ilm Tern*. 11(2): 104-107.